

【特許請求の範囲】

【請求項1】 N i 合金材料からなる中心電極（3）と、前記中心電極（3）の先端部（3 a）を露出させた状態で前記中心電極（3）の周囲を覆う絶縁体（2）と、前記絶縁体（2）の先端部（2 b）を露出させた状態で、かつ、ガスボリューム（7）を隔てて前記絶縁体（2）の外周面を取り囲むように配置され、その外周面に取付ネジ部（1 a）を備える取付金具（1）と、前記中心電極（3）の先端部（3 a）に設けられ、I r または I r 合金材料のいずれか一方からなる貴金属チップ（5 1）と、前記取付金具（1）に固定され、前記貴金属チップ（5 1）と放電ギャップ（6）を隔てて対向する接地電極（4）とを備えるスパークプラグであって、前記放電ギャップ（6）の長さA、前記ガスボリューム（7）の幅B、前記絶縁体（2）の前記取付金具（1）に対する突出長さC、前記取付ネジ部（1 a）の外径D、前記貴金属チップ（5 1）のチップ先端径G、前記貴金属チップ（5 1）の前記中心電極（3）に対する突出高さHは、

$$(10/9) \times A \leq B$$

$$0.9 \leq A \text{ (mm)}$$

$$B \text{ (mm)} \leq 1.5$$

$$1.0 \leq C \text{ (mm)} \leq 3.0$$

$$1.0 \leq D \text{ (mm)} \leq 1.2$$

$$0.6 \leq G \text{ (mm)} \leq 0.9$$

$$0.3 \leq H \text{ (mm)} \leq 1.0$$

であることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項2】 前記中心電極（3）の径Fは、 $2.0 \leq F \text{ (mm)}$ であることを特徴とする請求項1に記載のスパークプラグ。

【請求項3】 前記貴金属チップ（5 1）は、I r に P t、P d、R h、R u の貴金属材料のうち一種類以上を添加した材料からなることを特徴とする請求項1または2に記載のスパークプラグ。

【請求項4】 前記貴金属チップ（5 1）は、I r または I r に P t、P d、R h、R u の貴金属材料のうち一種類以上を添加した材料に、N i、W、S i、Y₂O₃、ZrO₂ のうち一種類以上を添加した材料からなることを特徴とする請求項1または2に記載のスパークプラグ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、自動車等の内燃機関に用いて好適な、小型で、かつ長寿命なスパークプラグに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、自動車用ガソリンエンジンに使用されるスパークプラグは、図7に示すように、N i 等の

金属材料からなる中心電極3を覆う絶縁体2と、この絶縁体2の外周部に外嵌された取付金具1と、この取付金具1の先端に設けられた接地電極4と、この接地電極4の先端部に設けられた貴金属チップ5 2および中心電極3の先端部3 aに設けられた貴金属チップ5 1とで構成され、貴金属チップ5 2と貴金属チップ5 1との間の放電ギャップ6でスパーク電流を流し、これによって発生する電気火花により燃焼室の圧縮された混合気を点火するようになっている。上記チップ5 1、5 2としては、P t やP t 合金材料にて形成されたものが実用化されている。

【0003】 そして、特開平2-49388号公報では、P t やP t 合金材料よりもさらに耐消耗性に優れたI r やI r 合金材料からなるチップ5 1を用いたスパークプラグが提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、近年、内燃機関は、出力、燃費向上の必要から、バルブ径を拡大したり、バルブ数を増加しているが、これに伴って、スパークプラグの取付スペースが縮小され、このためスパークプラグを小型化する要求が強まっている。具体的に、二輪車や軽自動車等に用いられる場合には、スパークプラグのプラグネジ外径を1.2mm以下程度にすることが要求されている。

【0005】 そこで、本発明者は、取付金具1の取付ネジ部1 aの外径Dが1.4mmの通常のスパークプラグを小型化して、この外径Dが1.2mmのものを試作した。具体的には、図2に示す形態のスパークプラグにおいて、放電ギャップ6の長さAを1.0mm、ガスボリューム7の幅Bを1.0mm、絶縁体2の取付金具1に対する突出長さCを1.0mm、絶縁体2の先端径Eを4.6mm、中心電極3の径Fを2.5mm、貴金属チップ5 1のチップ先端径Gを0.9mm、貴金属チップ5 1の中心電極3に対する突出高さHを0.8mmとした。なお、上記小型化に伴い、ガスボリューム7の幅Bは短縮されることになる。

【0006】 そして、このスパークプラグを、4気筒、2000ccガソリンエンジンに装着し、アイドリング（エンジン回転数=650rpm）条件からスロットルを開いて、一気に最高回転（エンジン回転数=6000rpm）にするレーシングを50回繰り返し、このうち横飛びが発生した回数をカウントした。この結果、P t からなるチップ5 1を設けたものでは、横飛びが全く発生しなかったが、I r からなるチップ5 1を設けたものでは、横飛びが10回発生した。なお、横飛びの発生により着火性が悪化して、アイドル安定性や加速性等の運転性が極端に低下するものである。

【0007】 ここで、本発明者が詳しく検討したところ、以下の原因により、I r からなる貴金属チップ5 1の場合に横飛びが激しいことがわかった。まず、P t

は、Irに比べて融点が700℃程度低く、火花エネルギーと高温の燃焼ガスの2つの要因により、貴金属チップ51の表面が溶融、凝固して、この表面に大きな粒が形成される。この粒の形成により電界の強化をなすことができ、放電ギャップ6で電気火花が容易に発生するので、ガスボリューム7で電気火花が発生することは抑制され、上記横飛びが発生しにくいものである。

【0008】これに対して、Irからなる貴金属チップ51では、Ptからなる貴金属チップ51に比べて融点が高く、上記粒が形成されにくいため、放電ギャップ6で電気火花が発生しにくい。このため、上記したように、ガスボリューム7の幅Bが小さく構成される場合、Irからなる貴金属チップ51を用いると、より、ガスボリューム7で火花が発生しやすく、横飛びが発生しやすいものである。

【0009】本発明は上記点に鑑みてなされたもので、IrやIr合金材料からなる貴金属チップを備えた小型なスパークプラグにおいて、横飛びを効果的に抑制することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、IrやIr合金材料からなる貴金属チップ(51)を備え、取付ネジ部(1a)の外径Dが10mm～12mmである小型なスパークプラグに関して、横飛びを抑制できる寸法範囲を、後述する実験により見いだしたものである。

【0011】具体的に、放電ギャップ(6)の長さAの10／9倍の長さよりも、ガスボリューム(7)の幅Bが小さいと、上記横飛びが発生しやすくなるということが後述する発明者の実験により確認された。従って、本発明のスパークプラグでは、 $(10/9) \times A \leq B$ としている。このため、IrやIr合金材料からなる貴金属チップ(51)を備えた小型なスパークプラグは、放電ギャップ(6)で電気火花を発生させにくいものであるが、このような小型なスパークプラグに関して、上記横飛びを効果的に抑制できる。これにより、小型なスパークプラグの着火性を向上でき、アイドル安定性や加速性等の運転性を向上できる。

【0012】また、絶縁体(2)の取付金具(1)に対する突出長さCが1.0(mm)よりも小さいと、上記横飛びが発生しやすくなるということが後述する発明者の実験により確認された。従って、本発明のスパークプラグでは、 $1.0 \leq C$ (mm)としている。このため、上記横飛びを効果的に抑制できる。

【0013】そして、上記横飛びを効果的に抑制できる小型なスパークプラグにおいて、着火性が良好となる寸法範囲を、後述する実験や検討により規定した。具体的に、放電ギャップ(6)の長さAが0.9(mm)よりも小さいと、着火性が悪化する、ということが後述する発明者の実験により確認された。従って、本発明のスパークプラグでは、 $0.9 \leq A$ (mm)としている。よつ

て、着火性の悪化が抑制され、放電ギャップ(6)で電気火花が発生しやすくなるので、ガスボリューム(7)で電気火花が発生することを抑制できる。

【0014】また、貴金属チップ(51)の先端径Gが0.9(mm)よりも大きいと、着火性が悪化する、ということが後述する発明者の実験により確認された。従って、本発明のスパークプラグでは、 G (mm) ≤ 0.9 としている。また、貴金属チップ(51)の中心電極(3)に対する突出高さHが0.3(mm)よりも小さいと、着火性が悪化することが発明者の経験によりわかっている。よって、本発明では、 $0.3 \leq H$ (mm)としている。

【0015】さらに、上記した寸法、具体的に、放電ギャップ(6)の長さA、ガスボリューム(7)の幅B、絶縁体(2)の取付金具(1)に対する突出長さC、貴金属チップ(51)のチップ先端径G、貴金属チップ(51)の中心電極(3)に対する突出高さHについて、以下に示す寸法限定を行なっている。まず、取付ネジ部(1a)の外径Dが12mm以下であるため、ガスボリューム(7)の幅Bは、製造上の理由から1.5mmが限界である。このため、 B (mm) ≤ 1.5 としている。

【0016】また、絶縁体(2)の取付金具(1)に対する突出長さCが3.0(mm)よりも大きいと、熱価が低くなり、ブレイギニッションが発生する恐れがあることが発明者の経験からわかっている。よって、 C (mm) ≤ 3.0 としている。また、貴金属チップ(51)の先端径Gが0.6(mm)よりも小さいと、貴金属チップ(51)がより高温になり、耐消耗性が悪化するため、長期にわたってスパークプラグを使用できないことが発明者の経験によりわかっている。

【0017】しかも、IrやIr合金材料は固くて脆いため、先端径Gが小さいと貴金属チップ(51)の製造中に損傷しやすく、製造性、取扱性が悪化し、実用化が困難であるということが発明者の経験によりわかっている。よって、本発明では、貴金属チップ(51)の先端径Gを、 $0.6 \leq G$ (mm)としている。また、IrやIr合金材料は、PtやPt合金材料に比べて硬くて脆いため、このようなIrやIr合金材料からなる貴金属チップ(51)の突出高さHが1.0mmよりも大きい場合、貴金属チップ(51)が折れやすく、スパークプラグの製造工程中の取り扱い性が悪化し、スパークプラグの大量生産に支障を来すことが、発明者の経験によりわかっている。このため、 H (mm) ≤ 1.0 としている。

【0018】さらに、中心電極(3)の径Fが2.0(mm)よりも小さいと、貴金属チップ(51)が電気火花や燃焼ガスから受ける熱を中心電極(3)側へ逃がしにくくなってしまって、この貴金属チップ(51)に熱がこもるため、貴金属チップ(51)の耐消耗性が悪いという

ことが発明者の経験によりわかっている。よって、本発明では、 $2.0 \leq F$ (mm) としている。

【0019】なお、製造上の理由から、外径Dは10mm以上としてある。また、上記した小型なスパークプラグは、中心電極(3)の先端部(3a)を露出させた状態で、絶縁体(2)がこの中心電極(3)の周囲を覆い、この先端部(3a)に貴金属チップ(51)を取り付けるという構造であり、さらに、絶縁体(2)に支持される中心電極(3)をNi基合金材料で形成し、火花放電がなされる貴金属チップ(51)のみを耐消耗性に優れたIrまたはIr合金材料にて形成することで、貴金属チップ(51)の材料量を削減し、材料費の削減を図っている。

【0020】また、貴金属チップ(51)は、①IrにPt、Pd、Rh、Ruの貴金属材料のうち一種類以上を添加した材料、②Ir、または、上記①に記載の材料に、Ni、W、Si、Y₂O₃、ZrO₂のうち一種類以上を添加した材料からなる。このような材料からなる貴金属チップ(51)は、耐消耗性に優れているため、スパークプラグの長寿命化を図ることができる。

【0021】なお、本発明でいうIr合金材料とは、Irの含有量が60wt%以上である合金材料のことである。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の実施形態のスパークプラグを図1および図2に基づいて説明する。図1において、1は耐熱性、耐食性および導電性のある金属材料(鉄合金材料)からなる円筒状の取付金具で、その外周部に、エンジンブロック(図示しない)に固定するための取付ネジ部1aを備えている。そして、本実施形態のスパークプラグは、取付ネジ部1aの外径Dが12mm以下の小型なスパークプラグである。また、製造上の理由から、外径Dが10mm以上のものとしている。

【0023】この取付金具1の内部には、アルミニナセラミック(A₁₂O₃)等からなる絶縁体2が固定されており、この絶縁体2の軸孔2aに中心電極3が固定されている。絶縁体2の先端部2bは、取付金具1から露出するように設けられている。また、中心電極3は、内材がCu等の熱伝導性に優れた金属材料、外材がNi基合金材料等の耐熱性、耐食性および導電性のある金属材料により構成された円柱体で、図2に示すように、その先端部3aが絶縁体2の先端部2bから露出するように設けられている。

【0024】ここで、中心電極3の外周部において、絶縁体2の突出端2cに対応する位置近傍は、ごくわずかに小径に形成されている。これにより、中心電極3の外周部が絶縁体2の突出端2cの内周面に当たって、この絶縁体2が損傷する、ということはなくなる。さらに、取付金具1の一端には、接地電極4が溶接により固定されている。この接地電極4は、耐熱性、耐食性および導

電性のあるNi基合金材料等の金属材料からなり、中心電極3の先端部3aと放電ギャップ6を隔てて対向している。そして、中心電極3の先端部3aには貴金属チップ51が設けられている。具体的には、図2において、中心電極3の先端部3aに形成された孔3bに貴金属チップ51を挿嵌してから、中心電極3の先端部3aの外周部をかしめて孔3bに貴金属チップ51を固定し、その後レーザ溶接により、中心電極3と貴金属チップ51との溶融層8を形成して、確実に固定する。

【0025】ここで、中心電極3の先端部3aには、図2に示すように、その中央部よりも小径な円柱部3cが形成されている。これにより、上記レーザ溶接において、レーザ光線をこの円柱部3cの外周部から垂直に当てるにより、中心電極3と貴金属チップ51とが均一に溶融した溶融層8を形成でき、貴金属チップ51を中心電極3の先端部3aに確実に固定できる。また、接地電極4において中心電極3の先端部3aに対応する部分4aには貴金属チップ52が抵抗溶接により固定されている。この貴金属チップ52は接地電極4の一部を構成している。

【0026】貴金属チップ51、52は、円柱形状で、耐熱性、耐食性および導電性を有し、かつ高融点を有する貴金属材料からなる。本発明の特徴である貴金属チップ51は、より融点の高いIrまたはIr合金材料からなり、貴金属チップ52は、Pt合金材料、例えば、Pt-20wt%Ir-2wt%Ni(以下、Pt-20Ir-2Niで示す)からなる。

【0027】そして、このような小型なスパークプラグの横飛びの発生しやすさを評価した結果を図3(a)～(c)に基づいて述べる。この評価に用いたスパークプラグは、図2において、取付ネジ部1aの外径Dが12mm、貴金属チップ51の中心電極3に対する突出高さHが0.8mm、先端径Gが0.9mm、絶縁体2の先端径Eが4.6mm、中心電極3の絶縁体2の先端近傍部の径Fが2.5mmのものを用いた。

【0028】また、貴金属チップ52は、Pt合金材料(Pt-20Ir-2Ni)からなり、チップ径は0.9mm、高さは0.3mmで、中心電極3の円柱部3cの高さIは1.0mm、径Jは1.5mmである。ここで、貴金属チップ52および中心電極3の円柱部3cの形状および材質は、以下に述べる評価用のスパークプラグについても同じである。

【0029】そして、突出長さCが0.0mmであるスパークプラグにおいて、ガスピリューム7の幅Bが1.0、1.25、1.5mmであるもののそれぞれについて、A/Bを0.8、0.9、1.0、1.1と変えた場合の横飛びの発生しやすさを評価し、この結果を図3(a)に示した。そして、突出長さCが1.0、2.0のスパークプラグについても同様の評価を行い、この結果を図3(b)、(c)に示した。

【0030】具体的に、ガスボリューム7の幅Bは、取付金具1の肉厚を変えることにより1.0、1.25、1.5と変化させている。また、A/Bは、あるガスボリューム7の幅Bに対して、接地電極4を動かして放電ギャップAを変えることにより、0.8、0.9、1.0、1.1と変化させている。また、貴金属チップ51はIrからなり、貴金属チップ51先端の円周部を曲率半径R=0.3mmの丸みになるよう切削して、貴金属チップ51が消耗した状態を模擬している。

【0031】そして、この横飛びの発生しやすさの評価は、4気筒、2000ccガソリンエンジンを用いて、最も横飛びの発生しやすい条件、つまり、アイドリング（エンジン回転数=650rpm）条件からスロットルを全開して、一気に最高回転（エンジン回転数=6000rpm程度）にするレーシングを50回繰り返し、このうち横飛びが発生した回数をカウントした。

【0032】横飛びの判定は、放電時のスパークプラグに印加される電圧波形をオシロスコープで観察して行った。具体的に、図4(a)に示す電圧波形は、横飛びの発生のない、正常放電状態のもので、図4(b)に示す電圧波形は、横飛びが発生したときのもので、放電時間Tが短く、誘導放電電圧Vが高くなるといった特異な波形となる。

【0033】そして、1回のレーシングにおいて、1度でも図4(b)に示す電圧波形が観察されたら、これを横飛びが発生したレーシングとし、レーシング50回中における上記横飛びが発生するレーシングの回数の割合を横飛びの発生率(%)として図3(a)～(c)のグラフに示した。なお、このグラフにおいて、A/Bが1.0、幅Bが1.0(mm)、突出長さCが1.0(mm)の点に、上記課題で述べたスパークプラグの横飛び発生率を示している。

【0034】この結果、図3(a)～(c)のグラフに示すように、A/Bが0.9より大きくなると、つまり、ガスボリューム7の幅BがAX(10/9)より小さくなると、横飛びの発生率が急激に高くなることが確認できる。また、突出長さCが1.0mm以上であると、横飛びの発生率が0となり、横飛びが完全に発生しないことが確認できる。つまり、本実施形態において、 $AX(10/9) \leq B$

$$1.0 \leq C \text{ (mm)}$$

であれば、火花の横飛びを効果的に防止できることが確認された。

【0035】次に、上記横飛びを効果的に防止できる小型なスパークプラグについて、耐消耗性を評価した結果を図5に従って述べる。この評価に用いた実験品1～4および比較品のスパークプラグは、

$$AX(10/9) \leq B$$

$$1.0 \leq C \text{ (mm)}$$

の条件を満たすものであり、図2において、外径Dが1

2mm、放電ギャップAが1.1mm、ガスボリューム7の幅Bが1.5mm、絶縁体2の取付金具3に対する突出長さCが2.0mm、絶縁体2の先端径Eが4.6mm、中心電極3の絶縁体2の先端近傍部の径Fが2.5mmのものを用いた。

【0036】そして、実験品1の貴金属チップ51を純Irから構成し、先端径Gを0.6mm、上記突出高さHを0.8mmとした。実験品2の貴金属チップ51をIr-10wt%Rhから構成し、先端径Gを0.6mm、上記突出高さHを0.8mmとした。実験品3の貴金属チップ51をIr-10wt%Y₂O₃から構成し、先端径Gを0.6mm、上記突出高さHを0.8mmとした。実験品4の貴金属チップ51を純Irから構成し、先端径Gを0.9mm、上記突出高さHを0.8mmとした。比較品1の貴金属チップ51をPt合金材料(Pt-20Ir-2Ni)から構成し、先端径Gを1.1mm、上記突出高さHを0.4mmとした。

【0037】そして、この耐消耗性の評価は、放電エネルギーが5.5mJの電源を用い、火花回数が60回／分の条件で500時間放電させた後の貴金属チップ51および貴金属チップ52の消耗量を測定した。具体的には、上記放電前の放電ギャップA(mm)と上記放電後の放電ギャップA(mm)を測定し、その差を貴金属チップ51および貴金属チップ52の消耗量(mm)として図5に示した。

【0038】この結果、図5に示すように、実験品1～4は全て、比較品と比べて貴金属チップ51の先端径Gが小さいにもかかわらず、比較例と同等以下の貴金属チップ51の消耗量であることがわかった。つまり、実験品1～4のように、IrまたはIr合金材料からなる貴金属チップ51を用いることにより、Pt合金材料からなる貴金属チップを用いたスパークプラグに比べて、耐消耗性の向上が図れることが確認された。

【0039】なお、貴金属チップ51として、上記実験品1～4以外のIr合金材料、例えば、①IrにPt、Pd、Rh、Ruの貴金属材料のうち一種類以上を添加した材料、②Ir、または、上記①に記載の材料に、Ni、W、Si、Y₂O₃、ZrO₂のうち一種類以上を添加した材料を用いたスパークプラグについても、比較品としてのスパークプラグと同等以上の耐消耗性を有することが確認されている。

【0040】ここで、最近のエンジンにおいては、アイドリング時のエンジン回転数を低くし、さらに空燃比(空気量/燃料量)を高くすることによって燃料を節約している。よって、アイドリング時において高空燃比(燃料が薄い状態)でも着火性のよいスパークプラグが、優れたスパークプラグと言えるのである。これに基づいて、スパークプラグの着火性を評価した結果を図6に基づいて述べる。

【0041】この評価に用いた評価用のスパークプラグ

は、

$$A \times (10/9) \leq B$$

$$1.0 \leq C \text{ (mm)}$$

の条件を満たすものであり、図2において、外径Dが1.2 mm、貴金属チップ5.1の中心電極3に対する突出高さHが0.8 mm、ガスピリューム7の幅Bが1.5 mm、絶縁体2の取付金具3に対する突出長さCが2.0 mm、絶縁体2の先端径Eが4.6 mm、中心電極3の絶縁体2の先端部2b近傍の径Fが2.5 mmのものを用い、中心電極3側の貴金属チップ5.1が1rにて形成されている。

【0042】そして、貴金属チップ5.1の先端径Gが0.6、0.9、1.2 mmのそれぞれのものについて、放電ギャップAを0.7、0.9、1.1 mmと変えて、それぞれのスパークプラグの着火性を評価した。また、上記耐消耗性の評価に用いたスパークプラグと同じ寸法のスパークプラグを比較品として用意し、この比較品の着火性も同様に評価した。

【0043】そして、着火性の評価は、4気筒、200ccガソリンエンジンを用いて、高着火性の必要性が高いアイドリング（エンジン回転数=650 rpm）条件で行った。そして、アイドリング状態のある空燃比

（空気量／燃料量）にて2分続け、この2分の間に発生する点火ミス（HCスパイク）が1回以下の場合は、さらに空燃比を大きくして上記アイドリング状態を2分続ける。そして、アイドリング状態を2分続ける間に、点火ミスが2回以上発生するような空燃比となるまで、上記評価を繰り返し行い、この空燃比を限界空燃比とした。

【0044】そして、限界空燃比を測定する上記評価を、上述したそれぞれのスパークプラグについて3回づつ繰り返し行つた。ここで、限界空燃比が大きいということは、燃料量の割合の少ない混合気でも、点火ミスが

1回以下である着火性に優れたスパークプラグであるということを示す。また、点火ミスが2回以上発生した場合を限界としたのは、1回の点火ミスは、判定誤差や偶然的な点火ミスである可能性があり、アイドリング状態を2分続ける間に点火ミスが必ず発生するとは限定できないためである。

【0045】この結果、図6のグラフに示すように、

$$G \text{ (mm)} \leq 0.9$$

$$0.9 \leq A \text{ (mm)}$$

であれば、比較品に比べて大幅に限界空燃比を大きくでき、着火性の向上が図れることがわかる。

【0046】また、上記実施形態では、中心電極3および接地電極4に、貴金属チップ5.1および貴金属チップ5.2を設けているが、本発明はこれに限定されることはなく、中心電極3側のみに貴金属チップ5.1を設けたものでもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態を示すスパークプラグの半断面図である。

【図2】図1の要部拡大図である。

【図3】(a)～(c)は、スパークプラグの横飛びの発生率を示すグラフである。

【図4】(a)は、正常時の電圧波形を示すグラフ、(b)は横飛び発生時の電圧波形を示すグラフである。

【図5】スパークプラグの耐消耗性の評価を示すグラフである。

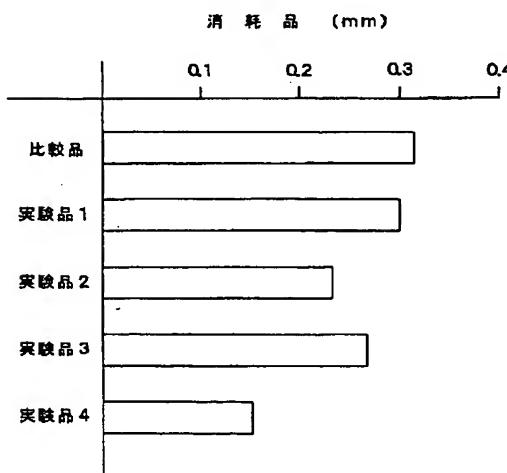
【図6】スパークプラグの着火性の評価を示すグラフである。

【図7】従来のスパークプラグを示す断面図である。

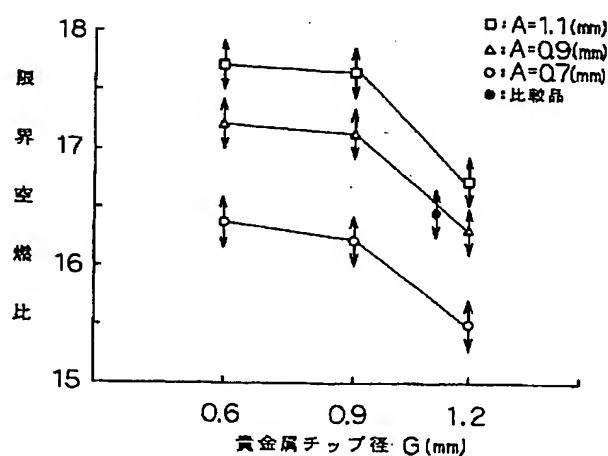
【符号の説明】

1…取付金具、1a…取付ネジ部、2…絶縁体、3…中心電極、4…接地電極、5.1…貴金属チップ、6…放電ギャップ、7…ガスピリューム。

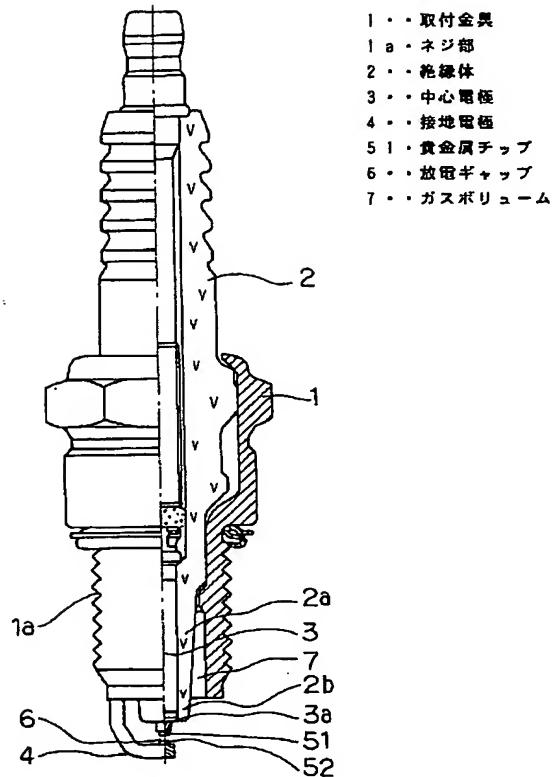
【図5】



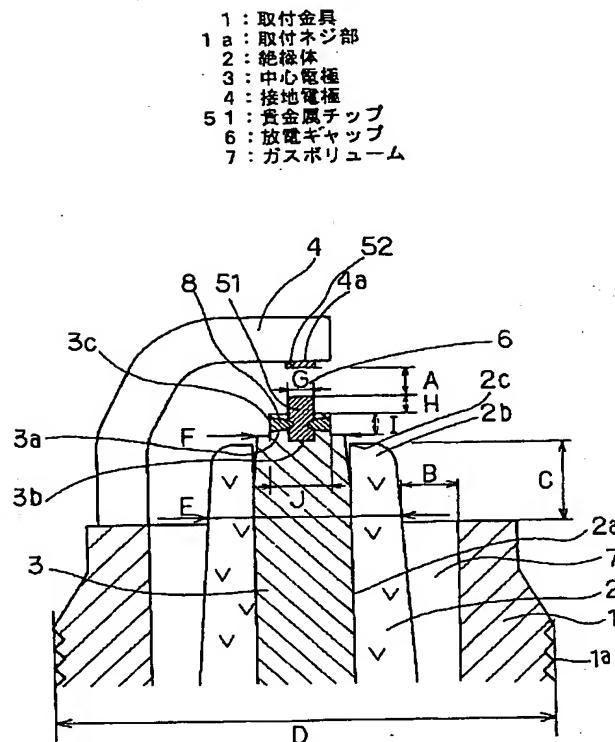
【図6】



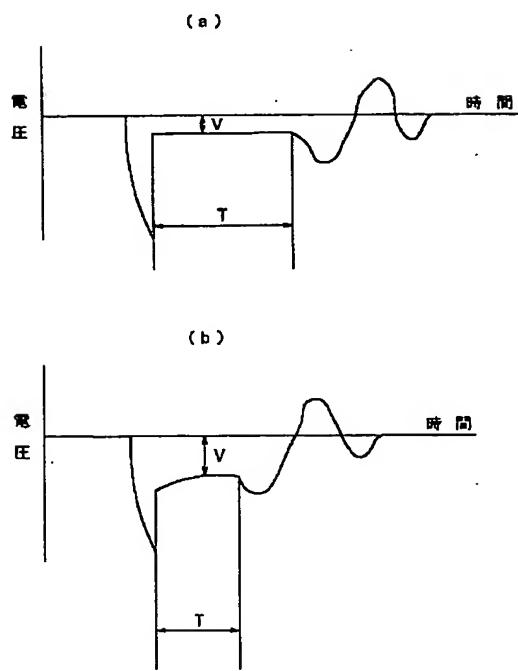
【図 1】



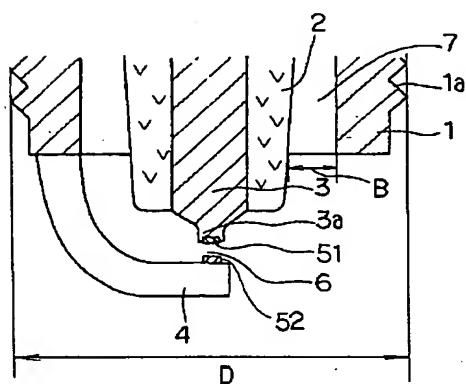
【図 2】



【図 4】



【図 7】



【図3】

